

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
(PLTGL) MENGGUNAKAN METODA OSCILLATING WATER COLOUMN
(OWC) DI PERAIRAN SELATAN JAWA INDONESIA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

RAMADHAN WAHYU SAPUTRA

D400160105

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
(PLTGL) MENGGUNAKAN METODA OSCILLATING WATER COLOUMN
(OWC) DI PERAIRAN SELATAN JAWA INDONESIA**

PUBLIKASI ILMIAH

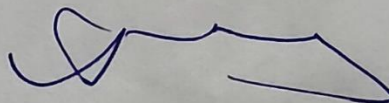
oleh:

RAMADHAN WAHYU SAPUTRA

D400160105

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Jatmiko, Ir., M.T.

NIK. 622

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) MENGUNAKAN METODA OSCILLATING WATER COLOUMN (OWC) DI PERAIRAN SELATAN JAWA INDONESIA

OLEH

RAMADHAN WAHYU SAPUTRA

D400160105

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 10 Februari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Jatmiko, Ir.,M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Agus Supardi, S.T.,M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Aris Budiman, S.T.,M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 10 Februari 2020

Penulis



RAMADHAN WAHYU SAPUTRA

D400160105

STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) MENGGUNAKAN METODA OSCILLATING WATER COLOUMN (OWC) DI PERAIRAN SELATAN JAWA INDONESIA

Abstrak

Di Indonesia, bahan bakar batubara masih digunakan sebagai mayoritas sumber energi untuk pembangkit listrik. Batubara tidak dapat diperbarui, oleh karena itu perlu adanya pemanfaatan sumber energi terbarukan. Indonesia sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Dengan demikian, gelombang laut dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut metoda kolom air berosilasi menjadi pilihan yang tepat karena memiliki banyak kelebihan yaitu distribusi dan perawatannya yang lebih mudah. Obyek penelitian di perairan selatan Jawa karena memiliki ombak yang baik dan konstan. Data tinggi gelombang laut diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan obyek di 4 titik yaitu: Banten, Cilacap, Yogyakarta, dan Banyuwangi. Berdasarkan hasil analisa perhitungan, potensi daya terkecil yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 210.332 Watt pada bulan Februari dan Maret di Banten. Sedangkan untuk potensi daya terbesar yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 2.373.665 Watt pada bulan Juni dan Juli di Yogyakarta. Secara keseluruhan daya terbesar yang dapat dibangkitkan di 4 titik tersebut pada bulan Juli yaitu Banten sebesar 937.561 Watt, Cilacap sebesar 1.059.187 Watt, Yogyakarta sebesar 2.373.665 Watt dan Banyuwangi sebesar 1.329.671 Watt.

Kata Kunci: PLTGL, OWC, energi terbarukan, lautan, potensi daya.

Abstract

In Indonesia, coal fuel is still used as the majority of energy sources for electricity generation. Coal cannot be renewed, therefore it is necessary to use renewable energy sources. Indonesia most of its territory is the ocean. Thus, sea waves can be used as electricity generation. Waveform oscillating water column power plant is the right choice because it has many advantages namely easier distribution and maintenance. The research object is in the southern waters of Java because it has good and constant waves. Sea wave height data was obtained from the Climatology and Geophysics Meteorology Agency with objects at 4 points: Banten, Cilacap, Yogyakarta and Banyuwangi. Based on the results of calculation analysis, the smallest potential power that can be generated is 210,332 Watt in February and March in Banten. Whereas the biggest potential power that can be generated is 2,373,665 Watt in June and July in Yogyakarta. Overall, the biggest power that can be generated at 4 points in July is Banten at 937,561 Watt, Cilacap at 1,059,187 Watt, Yogyakarta at 2,373,665 Watt and Banyuwangi at 1,329,671 Watt.

Keywords: PLTGL, OWC, renewable energy, sea, power potential.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, hampir semua negara di dunia menutupi kebutuhan energi mereka dari bahan bakar fosil. Ketika konsumsi energi meningkat, maka emisi karbon yang dihasilkan juga meningkat (Elum dan Momodu, 2017). Bahan bakar fosil yang digunakan akan meninggalkan residu. Residu yang disebabkan oleh bahan bakar fosil ini tidak dapat digunakan kembali, yang kemudian menyebabkan pencemaran lingkungan (Dogan dan Seker, 2016).

Pada dasarnya terdapat berbagai sumber energi yang dapat diperbarui seperti angin, surya, biomassa untuk membantu mengurangi pencemaran sumber-sumber yang dapat menghasilkan polusi (Dincer, 2000). Ketika jumlah sumber bahan bakar fosil berkurang maka polusi yang dihasilkan akan berkurang juga. Di Indonesia, bahan bakar batubara masih menjadi mayoritas bahan bakar pembangkit listrik. Jika hal ini terus berlanjut, maka batu bara akan segera habis. Diperkirakan pada tahun 2096 batubara Indonesia akan habis jika tidak ada penambahan cadangan batubara (Kementrian ESDM, 2016).

Selain bahan bakar batubara, masih banyak sumber energi yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik. Terutama sumber energi terbarukan yaitu: air, angin, surya, dan gelombang laut. Indonesia sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Meskipun demikian, belum ada pemanfaatan yang maksimal terutama untuk pembangkit listrik. Gelombang laut dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlu adanya kajian maupun penelitian agar dapat dimanfaatkan.

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut pada dasarnya memiliki prinsip kerja yaitu mengkonversi energi gelombang laut (energi mekanik) menjadi energi listrik. Akumulasi energi gelombang laut akan memutar turbin yang dihubungkan ke generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut ada beberapa metoda yaitu *Oister Hydraulic Piston System*, *Wave Dragon*, *Oscillating Water Column*, *Archimedes Wave Swing System*. *Oscillating Water Coloumn (OWC)* dipilih karena memiliki keunggulan yaitu distribusi dan pemeliharaannya yang lebih mudah.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

1) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca dan memahami jurnal dan buku yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian analisa potensi daya yang dihasilkan dari PLTGL metoda OWC di perairan selatan Jawa.

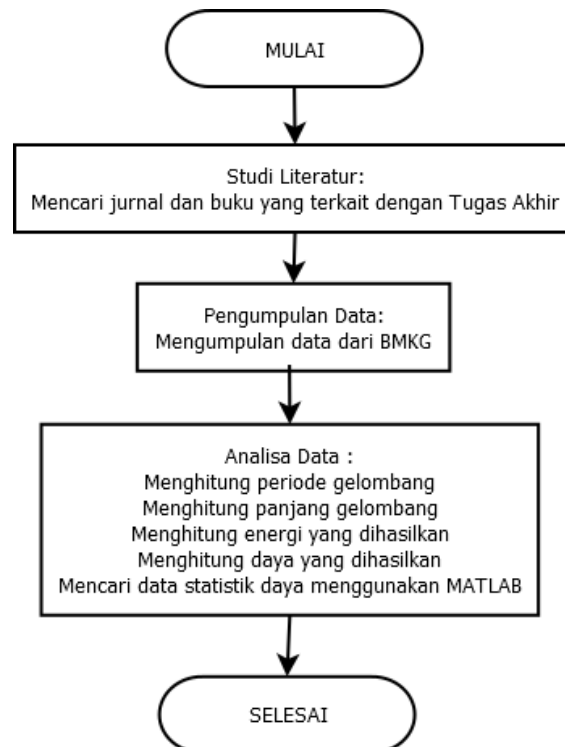
2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data tinggi rata-rata gelombang laut diperoleh dari BMKG yang kemudian diolah dan dianalisa.

3) Analisa Data

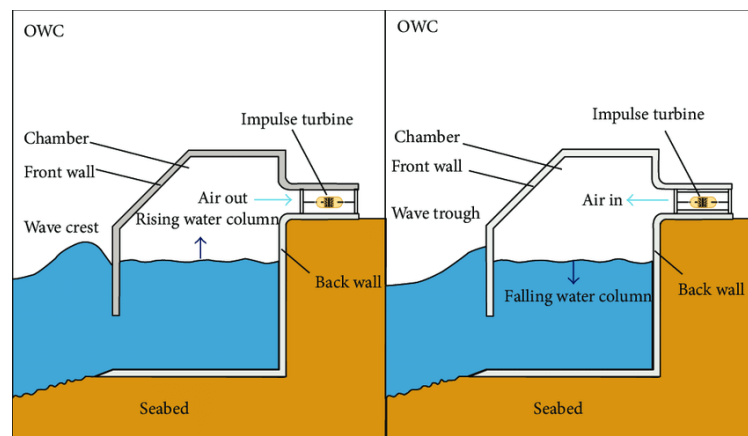
Data yang diperoleh dari BMKG dianalisa dengan menggunakan perhitungan biasa dan MATLAB.

2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.3 PLTGL Metoda OWC



Gambar 2. Skema PLTGL metoda OWC

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) metoda Oscillating Water Coloumn (OWC) merupakan metode pembangkitan listrik dengan menggunakan sumber tenaga gelombang air laut.

Komponen utama pada PLTGL-OWC, yaitu :

a. Turbin

Turbin berfungsi sebagai penggerak generator

b. Generator

Generator berfungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik, generator dikopel dengan turbin sehingga ketika turbin berputar maka generator juga ikut berputar

c. Chamber

Chamber berfungsi sebagai tempat terjadinya perubahan tekanan udara yang kemudian memutar turbin

Gelombang laut akan masuk ke dalam *chamber*, tekanan udara di dalam chamber akan naik sehingga dapat memutar turbin. Turbin yang berputar mengubah energi kimia yaitu berupa tekanan udara menjadi energi gerak. Turbin dikopel dengan generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar. Generator mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik.

2.4 Data Tinggi Gelombang Laut

Tabel 1. Tinggi rata-rata gelombang tahun 2019 dari BMKG

Bulan	Tinggi Gelombang (m)			
	Banten	Cilacap	Yogyakarta	Banyuwangi
Januari	1.2	1.5	2.2	1.8
Februari	1.1	1.2	1.7	1.3
Maret	1.1	1.3	1.8	1.4
April	1.4	1.5	2.1	1.6
Mei	1.3	1.5	1.9	1.5
Juni	2.0	2.0	2.9	2.2
Juli	2.0	2.1	2.9	2.3
Agustus	1.8	1.8	2.5	2.0
September	1.7	1.8	2.4	1.9
Oktober	1.6	1.7	2.3	1.8
Nopember	1.3	1.3	1.9	1.5
Desember	1.1	1.2	1.7	1.4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Periode dan Panjang Gelombang Laut

Periode dan panjang gelombang laut dipengaruhi oleh tinggi gelombang. Untuk menghitung periode gelombang dapat menggunakan rumus yang diperoleh dari jurnal Kim Nielsen (1986), yaitu:

$$T = 3,55\sqrt{H} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

T = periode gelombang [detik]

H = tinggi gelombang [meter]

Misalkan pada bulan Juni di Banten dapat dihitung periodenya dengan cara:

$$T = 3,55\sqrt{2,0} = 5,02 \text{ detik}$$

Setelah mengetahui nilai periode gelombangnya, selanjutnya menghitung panjang gelombang dengan menggunakan rumus:

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

λ = panjang gelombang [meter]

g = gravitasi bumi [9,81 m/s²]

T = periode gelombang [detik]

Misalkan pada bulan Juni di Banten dapat dihitung panjang gelombangnya dengan cara:

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = \frac{9,81}{2(3,14)} 5,02^2 = 388,2 \text{ meter}$$

Tabel 2. Hasil analisa perhitungan periode dan panjang gelombang laut

Bulan	Periode Gelombang Laut(detik)				Panjang Gelombang Laut(meter)			
	Banten	Cilacap	Jogja	Banyuwangi	Banten	Cilacap	Jogja	Banyuwangi
Januari	3,89	4,35	5,27	4,76	232,92	291,15	427,02	349,38
Februari	3,72	3,89	4,63	4,05	213,51	232,92	329,97	252,33
Maret	3,72	4,05	4,76	4,20	213,51	252,33	349,38	271,74
April	4,20	4,35	5,14	4,49	271,74	291,15	407,61	310,56
Mei	4,05	4,35	4,89	4,35	252,33	291,15	368,79	291,15
Juni	5,02	5,02	6,05	5,27	388,20	388,20	562,89	427,02
Juli	5,02	5,14	6,05	5,38	388,20	407,61	562,89	446,43
Agustus	4,76	4,76	5,61	5,02	349,38	349,38	485,25	388,20
September	4,63	4,76	5,50	4,89	329,97	349,38	465,84	368,79
Oktober	4,49	4,63	5,38	4,76	310,56	329,97	446,43	349,38
November	4,05	4,05	4,89	4,35	252,33	252,33	368,79	291,15
Desember	3,72	3,89	4,63	4,20	213,51	232,92	329,97	271,74

3.2 Analisa Perhitungan Energi dan Daya Gelombang Laut

Di Yogyakarta terdapat prototipe PLTGL menggunakan metoda OWC yang kembangkan oleh Balai Pengkajian Dinamika Pantai yang mempunyai kompetensi dibidang teknologi pantai. Prototipe tersebut memiliki lebar *chamber* 2,4 meter, massa jenis air laut 1030 Kg/m³, dan gravitasi bumi 9,81 m/s². Untuk menghitung energi total yang dibangkitkan dipengaruhi oleh energi potensial dan energi kinetik. Untuk menghitung energi yang dihasilkan dapat menggunakan rumus:

$$E = \frac{1}{2} \times w \times \rho \times g \times a^2 \times \lambda \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

E = energi total [Joule]

w = lebar chamber OWC [meter]

ρ = massa jenis air laut [1030 kg/m³]

g = gravitasi bumi [9,8 m/s²]

a = amplitudo gelombang (H/2) [meter]

λ = panjang gelombang [meter]

Misalkan di Banten pada bulan Juni dapat dihitung dengan cara:

$$E = \frac{1}{2} \times w \times \rho \times g \times a^2 \times \lambda = \frac{1}{2} \times 2,4 \times 1030 \times 9,81 \times 1 \times 388,2 = 4.706.985,28 J$$

Setelah mengetahui energi total yang dibangkitkan, daya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{E}{T} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

P = daya [Watt]

E = energi total [Joule]

T = periode gelombang [detik]

Misalkan di Banten pada bulan Juni dapat dihitung dengan cara:

$$P = \frac{E}{T} = \frac{4706985,28}{5,02} = 937.561 Watt$$

Tabel 3. Hasil analisa perhitungan potensi energi dan daya yang dihasilkan

Bln	Energi yang dihasilkan (Joule)				Potensi daya yang dihasilkan (Watt)			
	Banten	Cilacap	Jogja	Banyu wangi	Banten	Cilacap	Jogja	Banyu Wangi
Jan	1.016.709	1.985.759	6.264.997	3.431.392	261.443	456.723	1.189.820	720.453
Feb	783.125	1.016.709	2.890.677	1.292.656	210.332	261.443	624.521	319.362
Mar	783.125	1.292.656	3.431.392	1.614.496	210.332	319.362	720.453	384.366


```
Command Window

|
maxBanten =
    937561

urutan =
    6

minBanten =
    210332

urutan =
    2

maxCilacap =
    1059187

urutan =
    7

minCilacap =
    261443

urutan =
    2

maxJogja =
    2373665

urutan =
    6

minJogja =
    624521

urutan =
    2
```

```

maxBanyuwangi =

    1329671

urutan =

     7

minBanyuwangi =

    319362

urutan =

     2

minBanyuwangi =

    319362

urutan =

     2

Rata_rataBanten =

    472693

Rata_rataCilacap =

    5.4950e+005

Rata_rataJogja =

    1.2551e+006

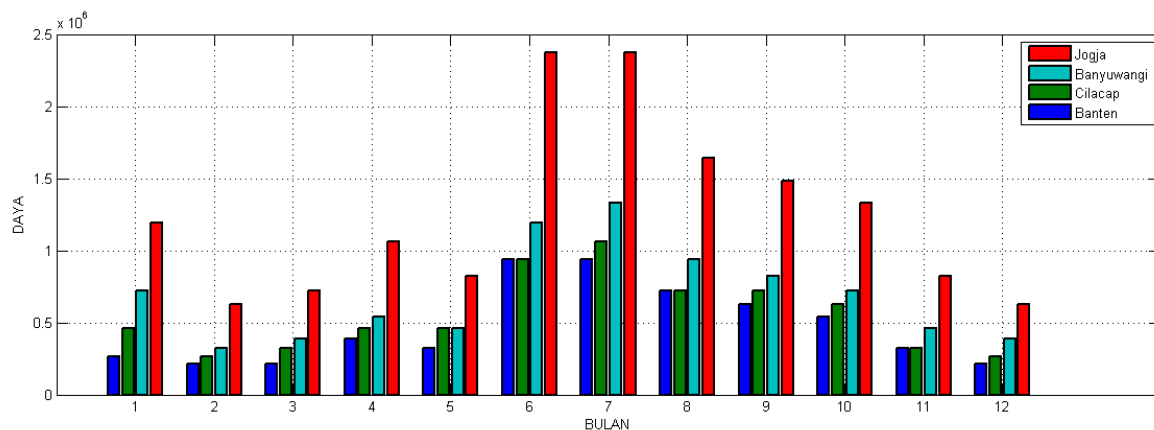
Rata_rataBanyuwangi =

    6.8841e+005

fx >>

```

Gambar 3. Hasil dari Script pada Matlab



Gambar 4. Grafik daya selama tahun 2019

Berdasarkan data hasil perhitungan diatas, di Banten daya minimal yang dapat dibangkitkan adalah 210.332 Watt pada bulan Februari, Maret, dan Desember sedangkan daya maksimal yang

dapat dibangkitkan adalah 937.561 Watt pada bulan Juni dan Juli. Di Cilacap daya minimal yang dapat bangkitkan adalah sebesar 261.443 Watt pada bulan Februari dan Desember, daya maksimal yang dapat dibangkitkan sebesar 1.059.187 Watt pada bulan Juli. Di Yogyakarta daya minimal yang dapat bangkitkan sebesar 624.521 Watt pada bulan Februari dan Desember, daya maksimal yang dapat dibangkitkan sebesar 2.373.665 Watt pada bulan Juni dan Juli. Di Banyuwangi potensi daya minimal yang dibangkitkan yaitu 319.362 Watt pada bulan Februari sedangkan potensi daya maksimal yang dibangkitkan yaitu 1.329.671 Watt pada bulan Juli.

Secara keseluruhan daya minimal yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit yaitu sebesar 210.332 Watt pada bulan Februari dan Maret di Banten. Sedangkan daya maksimal yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit yaitu sebesar 2.373.665 Watt pada bulan Juni dan Juli di Yogyakarta. Daya minimum di 4 titik tersebut terjadi pada bulan Februari sedangkan daya maksimum terjadi pada bulan Juli. Yogyakarta mempunyai potensi yang paling baik untuk PLTGL karena memiliki rata-rata daya yang paling besar yaitu 1.255.100 Watt selama 1 tahun.

4. PENUTUP

Setelah melakukan penelitian dan analisa dapat disimpulkan bahwa:

- a. Daya minimum yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 210.332 Watt pada bulan Februari dan Maret di Banten
- b. Daya maksimum yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 2.373.665 Watt pada bulan Juni dan Juli di Yogyakarta
- c. Secara keseluruhan, daya minimum terjadi pada bulan Februari dan daya maksimal terjadi pada bulan Juli
- d. Potensi PLTGL yang terbaik adalah di Yogyakarta karena memiliki rata-rata daya yang paling tinggi yaitu sebesar 1.255.100 selama 1 tahun
- e. Semakin tinggi gelombang, maka semakin besar daya yang dapat dibangkitkan.
- f. Penelitian ini dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian dan pengembangan PLTGL di Indonesia terutama di daerah selatan Jawa.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir ini
2. Bapak Imam Sunarto dan ibu Suparti selaku orang tua yang selalu mendukung dan mendo'akan
3. Bapak Jatmiko, Ir., M.T. selaku pembimbing yang memberi arahan, ilmu dan dukungan

4. Pelayanan Terpadu Satu Pintu (PTSP) Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta Pusat yang membantu memberi data
4. Seluruh dosen dan staff teknik elektro
5. Devi Novita yang selalu memberi dukungan dan semangat
6. Keluarga G11 yang selalu menghibur dan memberi semangat
7. Teman-teman kelas C yang selalu memberi rasa kekeluargaan dan pertemanan yang baik .

DAFTAR PUSTAKA

- Elum, Z.A., & Momodu, A.S. (2017). *Climate Change Mitigation and Renewable Energy for Sustainable Development in Nigeria : A Discourse Approach* dalam jurnal *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 76 hal.72-80. <http://siencedirect.com>
- Dogan, Eyup., & Fahri Seker. (2016). *Determinants of CO² in the European Union: The Role of Renewable and non-Renewable Energy* dalam jurnal *Renewable Energy* Volume 94 hal.429-439. <http://siencedirect.com>
- Nallagownden, Hussam Perumal., M. M. Alhaj dan Muhammad Bilal Sarwar. (2015). *Optimizing The Efficiency Of Oscillating Water Column (OWC) Wave Energy Converter Using Genetic Algorithm* dalam *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* Volume 10 No.21. Electrical and Electronic Engineering Department, Universiti Teknologi Petronas, Sri Iskandar, Perak, Malaysia.
- Nielsen, Kim. (1986). *On the Performance of Wave Power Converter. Int. Sym. Util.of Ocean Waves*, Jun-86.
- Priawan, Rudy Arnax. (2017). *Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Wells dan Variasi Gelombang Laut Terhadap Performa Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Coloumn (OWC)*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Shintawati, Dhea Wipadma. (2019). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) Di Kelautan Indonesia*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Utami, Siti Rahma. (2010). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Menggunakan Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Tiga Puluah Wilayah Perairan Indonesia*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.